

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-211183

(P2004-211183A)

(43) 公開日 平成16年7月29日(2004.7.29)

(51) Int.Cl.⁷
C23C 16/448
H01L 21/205

F 1
C23C 16/448
H01L 21/205

テーマコード(参考)
4K030
5FO45

審査請求 未請求 請求項の数 5 O.L. (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2003-1331(P2003-1331)
(22) 出願日 平成15年1月7日(2003.1.7)

(71) 出願人 000001993
株式会社島津製作所
京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
100084412
(74) 代理人 弁理士 永井 冬紀
吉岡 尚規
(72) 発明者 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
株式会社島津製作所内
川尾 满志
京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
株式会社島津製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 気化器

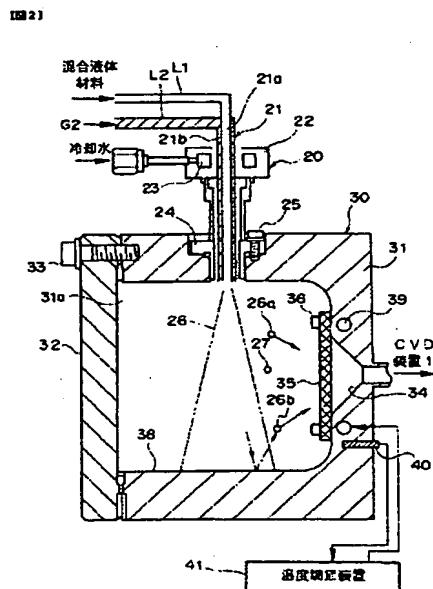
(57) 【要約】

【課題】 液体有機金属や有機金属溶液等の液体材料を気化する気化器において、フィルタ目詰まりを軽減することができる気化器の提供。

【解決手段】 液体材料は、気化ノズル部20によって霧状液体材料26に霧化され、高温の気化チャンバ内壁38により気化される。これによって生成された材料ガスはチャンバ本体31の排出口34からCVD装置1側へと排出されるが、気化されなかつた霧状液体材料26a, 26bや液体材料が固化して生成されたパーティクル27等は、気化フィルタ35によって捕捉される。気化フィルタ35はヒータ39によって加熱されているため、捕捉された霧状液体材料26a, 26bは気化される。その結果、パーティクルの発生量を低減することができ、気化フィルタ35や、気化フィルタ35よりも下流に設けられるフィルタの目詰まりを軽減することができる。

【選択図】

図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高温に保持された気化チャンバ内へ液体有機金属若しくは有機金属溶液から成る液体材料を噴霧し、噴霧された前記液体材料が気化して生じた材料ガスをCVD成膜装置に供給する気化器において、

前記気化チャンバの材料ガス排出口を覆うように設けられて、前記液体材料の未気化残渣を捕捉し、かつ、未気化噴霧粒子を気化するフィルタと、

前記フィルタを加熱する加熱手段とを設けたことを特徴とする気化器。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の気化器において、

前記フィルタの温度が前記液体材料の気化温度範囲となるように前記加熱手段を制御する温度制御手段を設けたことを特徴とする気化器。10

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の気化器において、

気化チャンバ内に噴霧された前記液体材料が前記排出口方向に飛散するのを防止する流路制御部材を、前記気化チャンバに設けたことを特徴とする気化器。

【請求項 4】

高温に保持された気化チャンバ内へ液体有機金属若しくは有機金属溶液から成る液体材料を噴霧し、噴霧された前記液体材料が気化して生じた材料ガスをCVD成膜装置に供給する気化器において、20

前記液体材料が噴霧されるとともに該液体材料を気化する第 1 の空間と、

前記第 1 の空間と連通部を介して連通し、前記第 1 の空間で気化されて生じた材料ガスを気化器から排出する排出口が設けられた第 2 の空間と、

前記第 1 の空間と第 2 の空間との連通部を塞ぐように設けられたフィルタと、

前記フィルタの温度を前記液体材料の気化温度範囲に制御する温度制御手段とを設けたことを特徴とする気化器。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の気化器において、

前記フィルタを、ガス流路上流側に設けられた目の粗い第 1 フィルタ層と、ガス流路下流側に設けられて前記第 1 フィルタ層を通過した未気化残渣を捕捉する目の細かい第 2 フィルタ層とから成る二層以上の多層構造としたことを特徴とする気化器。30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、CVD成膜に用いられ、液体有機金属や有機金属溶液等の液体材料を気化する気化器に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体デバイス製造工程における薄膜形成方法の一つとしてMOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法があるが、スパッタ等に比べて膜質、成膜速度、ステップカバレッジなどが優れることから近年盛んに利用されている。MOCVD装置に用いられているCVDガス供給法としては、従来からバーリング法や昇華法などが知られている。近年は、液体有機金属若しくは有機金属を有機溶剤に溶かした液体材料をCVD装置の直前で気化して供給する方法が、制御性および安定性の面でより優れた方法として注目されている。この気化方法では、高温に保たれた気化チャンバ内にノズルから液体材料を噴霧して、液体材料を気化させている。40

【0003】

ところが、液体材料の種類によっては霧状の液体材料の全てが気化チャンバ内で気化されず、その一部が気化チャンバから配管を介してCVD装置側へと排出される場合がある。このとき、排出された霧状液体材料が配管中で固化したり、気化した材料ガスが再凝集し50

たりしてパーティクルが発生する。このパーティクルがCVD装置まで達すると成膜不良の原因となるおそれがあるため、従来は、気化器とCVD装置との間にフィルタを配設して、そのフィルタでパーティクルをトラップするようにしている（例えば、特許文献1参照。）。

【0004】

【特許文献1】

特開平6-310444号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、このパーティクルのトラップによりフィルタの目詰まりが短期間で発生し 10 やすく、頻繁にフィルタを交換する必要があった。その結果、フィルタ交換のための装置停止により、生産性が低下するという問題があった。

【0006】

本発明の目的は、液体有機金属や有機金属溶液等の液体材料を気化する気化器において、フィルタ目詰まりを軽減することができる気化器を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明は、高温に保持された気化チャンバ内へ液体有機金属若しくは有機金属溶液から成る液体材料を噴霧し、噴霧された液体材料が気化して生じた材料ガスをCVD成膜装置に供給する気化器に適用され、気化チャンバの材料ガス排出口を覆うように設けられて、液体材料の未気化残留体を捕捉し、かつ、未気化噴霧粒子を気化するフィルタと、フィルタを加熱する加熱手段とを設けたことを特徴とする。 20

フィルタの温度が液体材料の気化温度範囲となるように加熱手段を制御する温度制御手段を設けても良い。また、流路制御部材を設けて噴霧された液体材料が排出口方向に飛散するのを防止するようにしても良い。

本発明は、高温に保持された気化チャンバ内へ液体有機金属若しくは有機金属溶液から成る液体材料を噴霧し、噴霧された液体材料が気化して生じた材料ガスをCVD成膜装置に供給する気化器に適用され、液体材料が噴霧されるとともに該液体材料を気化する第1の空間と、第1の空間と連通部を介して連通し、第1の空間で気化されて生じた材料ガスを気化器から排出する排出口が設けられた第2の空間と、第1の空間と第2の空間との連通部を塞ぐように設けられたフィルタと、フィルタの温度を液体材料の気化温度範囲に制御する温度制御手段とを設けたことを特徴とする。 30

また、フィルタを、ガス流路上流側に設けられた目の粗い第1フィルタ層と、ガス流路下流側に設けられて第1フィルタ層を通過した未気化残留体を捕捉する目の細かい第2フィルタ層とから成る二層以上の多層構造としても良い。

【0008】

【発明の実施の形態】

以下、図を参照して本発明の実施の形態を説明する。

- 第1の実施の形態 -

図1は本発明による気化器を用いたCVDシステムのブロック図である。システムは、C 40 VD装置1とそのCVD装置1に材料ガスを供給する材料ガス供給装置2とで構成されている。材料ガス供給装置2は、気化器3と、気化器3に液体有機金属や有機金属溶液等（以下では、これらを液体材料と呼ぶ）を供給する液体材料供給装置4とを備えている。例えば、液体有機金属としてはCuやTaなどの有機金属があり、有機金属溶液としてはBa, Sr, Ti, Pb, Zrなどの有機金属を有機溶剤に溶かしたものがある。

【0009】

図1に示す例では、液体材料供給装置4には4つの材料容器4a～4dが設けられており、各材料容器4a～4dには材料A～Dが充填されている。例えば、BST (BaSrTi) 膜を成膜する場合には、原料であるBa, Sr, Tiを有機溶剤THF (tetrahydrofuran) でそれぞれ溶解したものが液体材料A, B, Cとして材料容器4 50

a～4cに充填され、溶剤容器4dにはTHFが溶剤Dとして充填される。なお、材料容器4d～4dは原料の数に応じて設けられ、必ずしも4個とは限らない。

【0010】

各材料A～Dは液送ラインL1に送出されて混合し、キャリアガスG1によって気化器3へと送られる。液送ラインL1の混合材料はガスラインL2のキャリアガスG2とともに気化器3の気化チャンバ内に噴出される。混合液体材料は気化器3で気化され、気化されてできた材料ガスはCVD装置1に送られる。なお、キャリアガスG1, G2には窒素ガスやアルゴンガス等の不活性ガスが用いられる。

【0011】

図2は気化器3の概略構成を示す断面図である。気化器3は気化ノズル部20と気化チャンバ30とを備えている。気化ノズル部20には二重管21が設けられていて、その内側の管21aに液送ラインL1が接続され、外側の管21bにガスラインL2が接続されている。気化ノズル部20の先端付近にはフランジ24が設けられていて、このフランジ24をボルト25でチャンバ本体31に締結することにより、気化ノズル部20がチャンバ本体31に固定される。このとき、二重管21の先端（図示下端）はチャンバ本体31の空洞31aに露出する。チャンバ本体31には加熱用ヒータ（不図示）が設けられており、チャンバ30の内壁38の温度が液体材料の気化温度程度となるように加熱される。二重管21の上部には冷却ジャケット22が設けられており、冷却ジャケット22の冷却水路23内を冷却水が循環するような構成となっている。

【0012】

チャンバ本体31の空洞31a内には、排出口34を覆うように気化フィルタ35が設けられている。気化フィルタ35は、裏面側がチャンバ本体31の壁面38に密着するようボルト36で固定されている。チャンバ本体31の気化フィルタ取付面近傍には、気化フィルタ35を加熱するためのヒータ39が設けられている。40はフィルタ取付部の温度を計測する温度センサである。ヒータ39および温度センサ40は温度調節装置41に接続されている。本実施の形態では、温度センサ40の検出温度に基づいて、気化フィルタ35の温度が液体材料の気化温度以上となるようにヒータ39の電流を温度調節装置41により制御する。内壁38のクリーニングや気化フィルタ35を交換する場合には、フランジ32を外してクリーニング、交換等が行われる。フランジ32はボルト33によりチャンバ本体31に固定されている。

20

30

【0013】

管21aの内径は液送ラインL1の内径よりも小さく絞られており、混合状態の液体材料およびキャリアガスは管21a内では気液2相流状態で流れ、管21aの先端から気化チャンバ30の空洞31a内に噴出する。一方、ガスラインL2からのキャリアガスは管21bと管21aとの間の環状空間を流れて、二重管21の先端から空洞31aへと噴出する。その結果、管21aの先端から噴出する液体材料は霧状となって空洞31a内に噴出される。

【0014】

符号26は噴出された液体材料を示しており、霧状の液体材料26は高温の内壁38と接触して気化される。気化後の材料ガスは気化フィルタ35を通過して排出口34からCVD装置1へと排出される。しかしながら、二重管21から噴出された霧状液体材料26の一部26aは、粒子径によっては内壁38に接触することなく排出口34側へと流れ込む場合がある。また、内壁38に接触しても材料によっては全てが気化されず、一部気化されない液体材料26bが飛散する場合がある。さらに、気化した後に再凝縮してパーティクル27が生成されることもある。気化されなかつた霧状液体材料26bやパーティクル27も、キャリアガスによって排気口34側に流れ込もうとする。

【0015】

しかし、本実施の形態では、気化チャンバ30の排気口34を覆うように気化フィルタ35が設けられているため、未気化の霧状液体材料26a, 26bやパーティクル27は気化フィルタ35によりトラップされ、CVD装置1側に排出されることが無い。さらに、

50

気化フィルタ35はヒータ39によって気化温度以上に加熱されているため、気化フィルタ35にトラップされた霧状液体材料26a, 26bは気化され、気化された材料ガスは気化フィルタ35を通過してCVD装置1へと排出される。その結果、気化フィルタ35にはパーティクル27が残留する。

【0016】

図2に示した気化フィルタ35には、耐食性の金網（例えば、ステンレスの金網）を積層圧縮したものや、金属繊維や金属粉末を焼結圧縮したものがエレメントとして用いられるが、気化器の圧力を上げるために圧損の小さなもの（例えば、ステンレスの微細繊維を圧縮焼結したものなど）が望ましい。気化フィルタ35の濾過精度としては、気体での濾過精度で示すと1~15μm程度のものが好ましい。

10

【0017】

図3は、気化フィルタ35の効果を気化フィルタ35を用いない場合と比較して示したものである。図4は、図3の評価値を得るための測定系の模式図である。この評価ではチャンバ内圧力Pを圧力計50で検出し、圧力Pの変化の大小によってフィルタ抵抗の変化の度合いを比較した。未気化成分はほとんどが気化フィルタ35またはフィルタFによりトラップされるので、未気化成分の発生量が大きいほど圧力Pの上昇が大きくなる。

【0018】

図4のフィルタFは従来の気化装置に用いられているものと同様のフィルタであり、気化器30から排出された材料ガスに混入しているパーティクルや霧状液体材料などの未気化成分をトラップするためのものである。気化フィルタ35は、濾過精度が15μmで、直徑40mmで厚さ1mmの円形のフィルタとした。気化フィルタ35の温度は気化チャンバ30の温度と等しい温度に設定した。また、フィルタFの濾過精度は1μmとし、その有効面積は約1cm²である。なお、気化フィルタ35を用いない場合には気化フィルタ35を取り外し、図1に示した気化フィルタ用ヒータ39は気化チャンバ30のヒータと同じ温度にコントロールした。

【0019】

ここでは、2種類の液体材料について評価した。図3において縦軸は圧力Pで、横軸は経過時間である。曲線P1, P2は気化フィルタ35を用いなかった場合の圧力変化を示したものであり、曲線P1は第1の液体材料に曲線P2は第2の液体材料に関するものである。また、曲線P11は気化フィルタ35を用いた場合の圧力変化を示したものであって、第1の液体材料に関するものである。なお、第2の液体材料に関する圧力変化P12はほぼ曲線P11と同様であったので、図示を省略した。

30

【0020】

気化開始時のチャンバ内圧力Pが約30Torrとなるように、フィルタFの2次側圧力P6を下流のバルブにより調圧してテストを開始し、チャンバ内圧力が30Torrから50Torrに変化するまでの時間を比較した。なお、気化フィルタ35を用いた場合には、気化フィルタ35の抵抗によって図3に示すように若干チャンバ内圧力が上昇する。上述した濾過精度15μmの気化フィルタ35の場合には、ガス流量300SCCMのときのフィルタ前後の圧力差は圧力30Torrにおいて1Torr以下である。気化フィルタ35が無い従来と同様の装置構成の場合には、第1の液体材料（曲線P1）では約10分で50Torrに達し、第2の液体材料（曲線P2）では約20分で50Torrとなつた。一方、気化フィルタ35を用いた場合には、120分経過しても気化開始時の圧力がほぼ維持された。

40

【0021】

図3に示す結果から、気化フィルタ35を用いない場合には霧状液体材料が固形化してフィルタFの抵抗増大に大きく寄与しているものと考えられる。気化器30から排出された霧状液体材料は配管中で固化したり、フィルタFでトラップされた後に固化したりする。それらの未気化成分は全てフィルタFにトラップされて目詰まりの原因となり、フィルタ抵抗が上昇する。その結果、チャンバ内圧力はP1, P2のように大きく上昇する。

【0022】

50

一方、気化フィルタ35を用いた場合には、チャンバ内壁面で気化されなかつた霧状液体材料や気化ガスが再凝集したものは気化フィルタ35にトラップされた後に気化される。また、液体材料が固化してできたパーティクルにおいて濾過精度よりも大きな粒径のものについても、気化フィルタ35によりトラップされる。また、気化フィルタ35の濾過精度よりも粒径の小さなパーティクルは、ほとんどが気化フィルタ35を通過してフィルタFによりトラップされる。その結果、気化フィルタ35およびフィルタFのトータルのフィルタ抵抗はほとんど上昇せず、図3に示すような曲線P11となる。このように気化フィルタ35を設けることにより、フィルタFの延命効果を奏することができる。

【0023】

図5は気化フィルタ35の変形例を示す図である。図5(a)に示す気化フィルタ35は10二層構造を有しており、チャンバ側には目の粗いフィルタユニット35Aが設けられ、排出口側にはより目の細かいフィルタユニット35Bが設けられる。例えば、フィルタユニット35Aの濾過精度を $15\mu m$ とし、フィルタユニット35Bの濾過精度を $1\mu m$ とする。霧状液体材料や材料ガスが凝集したものは目の粗いフィルタユニット35Aにトラップされて気化し、固化したパーティクルなどはフィルタユニット35Bによりトラップされる。このような構成とすることにより、図4で示した気化器とCVD装置との間のフィルタFを省略することができる。なお、パーティクルにより目詰まりした気化フィルタ35の交換は、図2のフランジを外して行われる。

【0024】

図5(b)の気化フィルタ35では、チャンバ側にはフィルタユニット35Cが設けられ20、排出口側には穴あき金属プレート35Dが設けられる。金属プレート35Dを設けたことにより加熱用ヒータ39から気化フィルタ35への熱伝達性能の向上が図れ、温度調節装置41による温度制御性が向上する。また、金属プレート35では、フィルタユニット35Cを支持するサポートとしても機能する。

【0025】

なお、変形例では気化フィルタ35を2層構造としたが、1層構造でも良いし、3層以上の構成としても良い。また、気化フィルタ加熱用ヒータ39を設けて気化フィルタ35の温度を制御するようにしたが、これらの加熱手段を省略して高温に加熱されているチャンバ本体31からの熱によって高温に保つようにしても良い。この場合は熱伝達性能によつて気化フィルタ35の温度は左右されるので、未気化成分の気化効率を高めるためには上30述したように独立の加熱手段を設けて温度制御を行った方が好ましい。

【0026】

- 第2の実施の形態 -

図6は本発明による気化器の第2の実施の形態を示す図であり、図2と同様の断面図である。なお、図2と同様の部分には同一符号を付し、以下では異なる部分を中心に説明する。気化チャンバ30は、流路制御板301を有するノズル装着部300を備えている。ノズル装着部300は気化チャンバ30に対して着脱可能に取り付けられている。気化ノズル部20はフランジ24を用いてノズル装着部300に固定されている。

【0027】

ノズル装着部300に取り付けられた気化ノズル部20は、円筒形状の流路制御板30140に囲まれた内側空間に霧状の液体材料を噴出する。流路制御板301は気化チャンバ30に対して熱的接觸が良好に保たれれば同一温度となっており、噴出された霧状の液体材料26は、気化器底面や流路制御板301に接觸して気化される。気化後の材料ガスは流路制御板301と気化チャンバ底面との隙間を通り、さらに気化フィルタ35を通過してCVD装置1へと供給される。

【0028】

流路制御板301にはヒータ302および温度センサ303が設けられており、温度調節装置41は温度センサ303の検出温度に基づいてヒータ302の出力を調節する。その結果、気化チャンバ30の温度とは独立に、流路制御板301の温度を調節することができる。また、ヒータ39が設けられた排気口34の部分305を囲むようにスリット3050

4を形成することにより、排気口部分305と気化チャンバ30のその他の部分との間の熱移動を制限し両者の間に温度差を形成し易くした。

[0029]

本実施の形態では、気化ノズル部20の噴出口から排気口34に設けられた気化フィルタ35を遮蔽するように流路制御板301が設けられているので、噴霧された液体材料が気化フィルタ35方向に飛散して付着するのを防止することができる。その結果、気化されず気化フィルタ35にトラップされる霧状液体材料やパーティクルの量を低減することができる。

[0030]

- 第3の実施の形態 -

10

図7は本発明による気化器の第3の実施の形態を示す図である。本実施の形態の気化器は気化チャンバ50と気化ノズル20とから成り、気化チャンバ50は円筒形の容器51と、気化ノズル部20が装着されるノズル固定部52とを有している。ノズル固定部52の容器側の面には流路制御板53が設けられている。この流路制御板53は図6に示した流路制御板301と同様のものであり、気化ノズル部20の噴出口から噴出された霧状の液体材料26を気化する気化面として機能するとともに、霧状の液体材料が容器51の側面に形成された排気口54に達するのを防止している。

[0031]

流路制御板53と容器51との間にはリング状の空間55が形成され、そのリング状空間55の下部にはリング状気化フィルタ56a, 56bが上下に重ねて配設されている。すなわち、流路制御板53で囲まれた噴霧空間57と排気口54が設けられているリング状空間55とは、気化フィルタ56a, 56bを開相手連通している。

[0032]

ガス流路の上流側に設けられた気化フィルタ56aには目の粗いフィルタ部材が用いられ、下流側に設けられた気化フィルタ56bには目の細かいフィルタ部材が用いられる。これは、図5(a)に示したフィルタユニット35A, 35Bと同様の構成であって、霧状液体材料や材料ガスが凝集したものは目の粗い気化フィルタ56aにトラップされて気化し、固化したパーティクルなどは気化フィルタ56bによりトラップされる。その結果、気化チャンバ50からCVD装置側へのパーティクルの流入が防止される。

[0033]

本実施の形態の場合も、第2の実施の形態と同様に容器51の気化フィルタ56a, 56bに近接した部分にヒータ58および温度センサ59を設けて、温度調節装置41により気化フィルタ56a, 56bの温度を独立に調節するようにした。また、容器51にはフィルタ部分51aとその他の部分との熱移動を制限するためのスリット51cを設け、気化フィルタ56a, 56bの温度設定をし易く構成した。なお、ヒータ58および温度センサ59を、容器51ではなく流路制御板53に設けてもよい。

[0034]

上述した実施の形態では、気化器3に気化ノズル部20が一つの場合を例に説明したが、気化ノズル部20を複数備えていても良い。また、霧状液体材料26a, 26bやパーティクル27等の未気化成分は未気化残留体を、噴霧空間57は第1の空間を、空間55は第2の空間を、フィルタユニット35Aおよび気化フィルタ56aは第1フィルタ層を、フィルタユニット35Bおよび気化フィルタ56bは第2フィルタ層をそれぞれ構成する。

[0035]

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、液体材料が固化してできたパーティクルや霧状液体材料などの未気化残留体は気化フィルタにより捕捉され、捕捉された霧状液体材料はフィルタにより気化される。その結果、CVD装置側に未気化残留体が流入するのを防止することができるとともに、パーティクルの発生量を低減することができる。さらに、フィルタやその下流側に設けられるフィルタの目詰まりを軽減することができ、フィルタ寿命 50

の延命化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による気化器を用いた C V D システムのブロック図である。

【図 2】気化器 3 の概略構成を示す断面図である。

【図 3】気化フィルタ 3 5 の効果を、気化フィルタ 3 5 を用いない場合と比較して示した図である。

【図 4】評価用測定系の模式図である。

【図 5】気化フィルタ 3 5 の変形例を示す図であり、(a) は第 1 の変形例を、(b) は第 2 の変形例を示す。

【図 6】本発明による気化器の第 2 の実施の形態を示す図である。

10

【図 7】本発明による気化器の第 3 の実施の形態を示す図である。

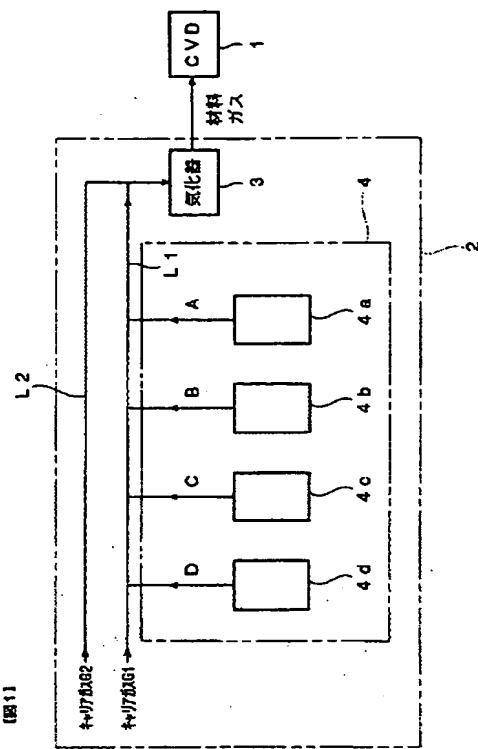
【符号の説明】

- 1 C V D 装置
- 2 材料ガス供給装置
- 3 気化器
- 4 液体材料供給装置
- 4 a ~ 4 c 材料容器
- 2 0 気化ノズル部
- 2 1 二重管
- 2 6 , 2 6 a , 2 6 b 霧状液体材料
- 2 7 パーティクル
- 3 0 , 5 0 気化チャンバ
- 3 1 チャンバ本体
- 3 4 , 5 4 排出口
- 3 5 , 5 6 a , 5 6 b 気化フィルタ
- 3 5 A ~ 3 5 D フィルタユニット
- 3 9 , 5 8 , 3 0 2 ビータ
- 4 0 , 5 9 , 3 0 3 温度センサ
- 4 1 温度調節装置
- 5 1 容器
- 5 1 c , 3 0 4 スリット
- 5 3 , 3 0 1 流路制御板

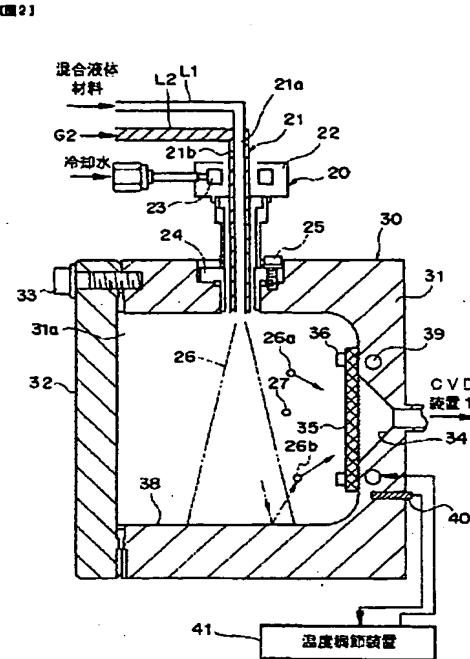
20

30

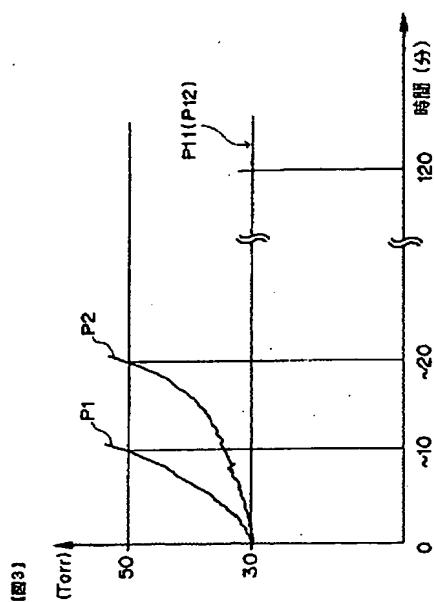
【図 1】



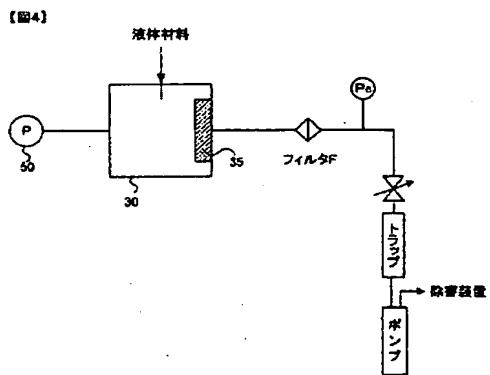
【図 2】



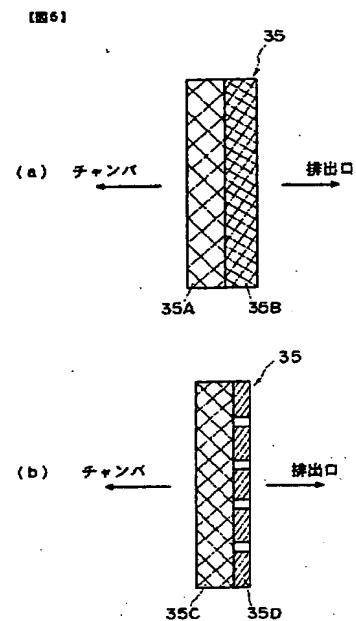
【図 3】



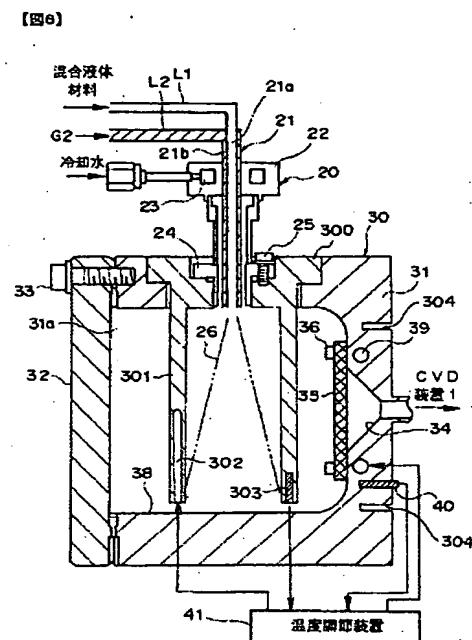
【図 4】



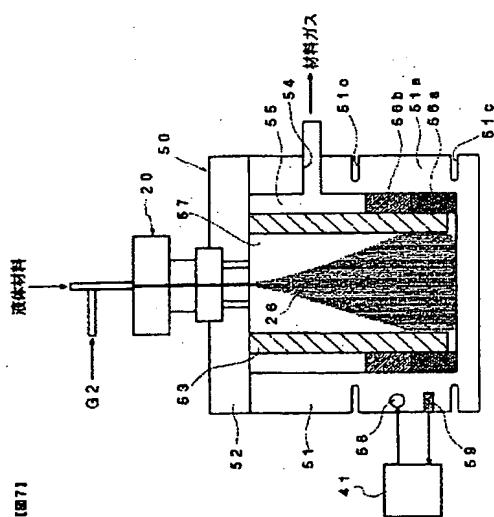
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 松野 繁
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 吉新 喜市
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

Fターム(参考) 4K030 AA11 BA01 BA18 EA01 FA10 KA45 LA15
5F045 AA04 AC07 EE02 EE10